

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

Jc135 U.S. PTO  
09/504782  
02/15/00

73

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年 2月17日

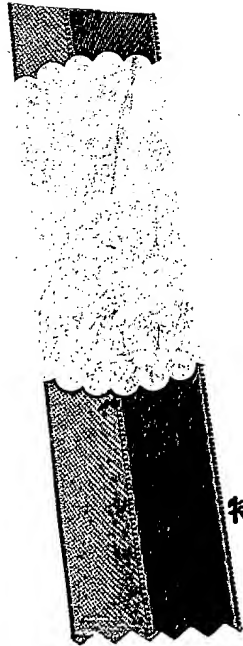
出 願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第038307号

出 願 人  
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

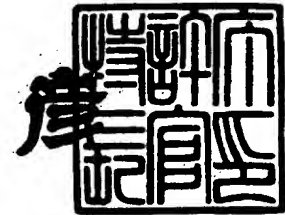
CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT



1999年12月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3089480

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 2033500054  
 【提出日】 平成11年 2月17日  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【国際特許分類】 H01S 3/18  
 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 桑 雅博

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 木戸口 勲

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 伴 雄三郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【手数料の表示】

・【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9601026

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物半導体レーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された第 1 導電型の窒化物半導体からなる第 1 のクラッド層と、

前記第 1 のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、

前記活性層の上に形成された第 2 導電型の窒化物半導体からなる第 2 のクラッド層とを備え、

前記基板と前記第 1 のクラッド層との間に、第 1 導電型の窒化物半導体からなり、前記活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記自然放出光吸収層は、インジウムを含み、前記第 1 のクラッド層と接するように形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記自然放出光吸収層は、インジウムを含み、前記基板と接するように形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 4】 基板上に形成された第 1 導電型の窒化物半導体からなる第 1 のクラッド層と、

前記第 1 のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、

前記活性層の上に形成された第 2 導電型の窒化物半導体からなる第 2 のクラッド層と、

前記第 2 のクラッド層の上に形成された電極とを備え、

前記第 2 のクラッド層と前記電極との間に、第 2 導電型の窒化物半導体からなり、前記活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記自然放出光吸収層は、インジウムを含み、前記第 2 のクラッド層と接するように形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記自然放出光吸収層は、インジウムを含み、前記電極と接するように形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 7】 基板上に形成された第 1 導電型の窒化物半導体からなる第 1 のクラッド層と、

前記第 1 のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、

前記活性層の上に形成された第 2 導電型の窒化物半導体からなる第 2 のクラッド層とを備え、

前記基板における前記活性層と反対側の面に、前記活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 8】 基板上に形成された第 1 導電型の窒化物半導体からなる第 1 のクラッド層と、前記第 1 のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、前記活性層の上に形成された第 2 導電型の窒化物半導体からなる第 2 のクラッド層とを有するレーザ素子本体を備え、

前記レーザ素子本体における前記活性層のレーザ光出射部を除く出射端面と該出射端面と反対側の反射端面とに、前記活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 9】 基板上に形成された第 1 導電型の窒化物半導体からなる第 1 のクラッド層と、前記第 1 のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、前記活性層の上に形成された第 2 導電型の窒化物半導体からなる第 2 のクラッド層とを有するレーザ素子本体を備え、

前記レーザ素子本体におけるレーザ光の出射方向と平行な側面に、前記活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 10】 前記自然放出光防止膜は、シリコン又は金を含む金属からなることを特徴とする請求項 7～9 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスク等の光情報記録装置のレーザ光源に用いられる青色レーザ光を出力する窒化物半導体レーザ装置に関し、特に、自然放出光を外部に放出しにくい構成を有する窒化物半導体レーザ装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

III 族元素として、特にアルミニウム (Al), ガリウム (Ga) 又はインジウム (In) を含むIII 族窒化物半導体を材料とする窒化物半導体レーザ装置は、活性層に InGa<sub>N</sub>からなる混晶を用いることにより、波長が400nm～500nmの青色レーザ光を発振できる。この青色半導体レーザ装置が実用化されると、現在、波長が650nmの赤色光を発振する赤色半導体レーザ装置を用いたDVDの記録容量を3倍以上、すなわち、直径が12cmのディスクの片面で15ギガバイト以上にまで高めることが可能となる。15ギガバイトの情報は、動画情報圧縮技術の国際標準であるMPEG2方式を用いた場合に、高品位 (HD) ビデオ信号として再生するとその再生時間が2時間を超えるため、青色半導体レーザ装置の実現が強く期待されている。現在、発振に成功している窒化物半導体レーザ装置は、活性層として InGa<sub>N</sub>混晶を用い、クラッド層として AlGa<sub>N</sub>混晶を用いており、その発振波長は400nm～420nmである。

## 【0003】

通常、InGa<sub>N</sub>からなる活性層及び AlGa<sub>N</sub>からなるクラッド層は基板上の結晶成長により形成される。従って、結晶欠陥がない成長膜を得るには、InGa<sub>N</sub>及び AlGa<sub>N</sub>と同一の結晶構造を持ち、格子定数がほぼ同一のGa<sub>N</sub>からなる基板を用いるのが最適である。しかしながら、現在のところ、基板として利用できる、一辺が10mm以上のサイズのGa<sub>N</sub>からなる基板が得られていない。そのため、一般にはサファイア (単結晶 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) からなる基板が用いられている。サファイアは、Ga<sub>N</sub>に対して格子定数が約14%も異なるものの、Ga<sub>N</sub>と同一の結晶構造を有し且つ1000℃以上の高温下でも安定なため、窒

化物半導体結晶の成長に適している。

【0004】

窒化物半導体レーザ装置に限らず、半導体レーザ装置のp側電極及びn側電極に対して、しきい値電流を超える電流を注入すると、注入された電流から生じる電子及び正孔の再結合による放出光が活性層に強く閉じ込められることにより増幅され発振し、レーザ光として活性層の出射端面から出射される。

【0005】

窒化物半導体レーザ装置の活性層には、前述したようにInGa<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>混晶を用い、In組成比が15%の場合に発振波長が410nmの青紫色のレーザ光を得られる。活性層の基板側及び基板と反対側には、該活性層とのエネルギーギャップが0.4eV以上であり、且つ、屈折率が活性層よりも小さいクラッド層が必要となる。このクラッド層には、Al組成比が7%のAlGa<sub>0.93</sub>N<sub>0.07</sub>混晶が用いられる。また、p側電極とn側電極と接触する各半導体層には、各電極との接触抵抗が小さくなるように、それぞれGaNからなるコンタクト層を用いる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記従来の窒化物半導体レーザ装置から出射される青色レーザ光は、原理的に赤色レーザ光よりも検出が難しく、光検出器等の受光素子のSN比が小さくならざるを得ない。従って、短波長型の窒化物半導体レーザ装置は、赤色半導体レーザ装置と比べてレーザ装置が発する雑音を低減する必要性が極めて高くなる。

【0007】

本発明は、短波長型の窒化物半導体レーザ装置において、該装置が発する雑音、特に光学的雑音を確実に低減できるようにすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本願発明者らは、短波長レーザを実用化するにあたり、青色レーザ装置からの雑音源を種々検討した結果、その一つとして以下のような光学的な原因を突き止めている。

## 【0009】

すなわち、半導体レーザ装置に電流を印加し始めると、活性層の発光領域において自然放出光が発生し、印加電流が所定値を超えると共振器方向の自然放出光が増幅されて発振し、位相が揃ったレーザ光が活性層の出射端面から出射する。この所定の電流値を発振しきい値電流と呼び、印加電流がしきい値電流に達してレーザ発振が起こるまでの間は自然放出光のみが増え続ける。

## 【0010】

この自然放出光は位相が揃ったレーザ光ではないため、レーザ光に混入すると応用するに際して悪影響を及ぼす。例えば、レーザ装置を光ディスクの光ピックアップとして用いる場合には、自然放出光成分はレーザ光の雑音となり、情報読み取り動作時のS/N比を低下させる。また、レーザチップのレーザ出射端面以外から放出される自然放出光は、レーザチップが光検出器又は電子回路と集積されてなる光電子集積素子における光検出器に対するバイアス光となって検出動作に悪影響を及ぼすこととなる。

## 【0011】

前記の目的を達成するため、本発明は、レーザチップから漏れ出す自然放出光を防止できるように、自然放出光を吸収する自然放出光吸収層をチップの内部又はチップ表面に設ける構成とする。また、自然放出光を外部に漏らさないように、チップ表面に自然放出光に対する高反射率の自然放出光防止膜を設ける構成とする。

## 【0012】

以下、具体的に、本発明の解決手段を列挙する。

## 【0013】

本発明に係る第1の窒化物半導体レーザ装置は、基板上に形成された第1導電型の窒化物半導体からなる第1のクラッド層と、第1のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、活性層の上に形成された第2導電型の窒化物半導体からなる第2のクラッド層とを備え、基板と第1のクラッド層との間に、第1導電型の窒化物半導体からなり、活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されている。



## 【0014】

第1の窒化物半導体レーザ装置によると、基板と第1のクラッド層との間に、第1のクラッド層と同一の導電型の窒化物半導体からなり、活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されているため、自然放出光吸収層が活性層から基板側へ放出される自然放出光を吸収する。

## 【0015】

第1の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、第1のクラッド層と接するように形成されていることが好ましい。このようにすると、自然放出光吸収層がインジウムを含むため、自然放出光吸収層のエネルギーギャップが、窒化物半導体から放出される自然放出光のエネルギーよりも小さくなるようにできるので、自然放出光を確実に吸収できる。

## 【0016】

第1の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、基板と接するように形成されていることが好ましい。このようにすると、自然放出光吸収層がインジウムを含むため、自然放出光吸収層のエネルギーギャップが、窒化物半導体から放出される自然放出光のエネルギーよりも小さくなるようにできるので、自然放出光を確実に吸収できる。さらに、通常、基板の上面には該基板上に成長する窒化物半導体層の結晶性を高めるためのバッファ層を形成するが、自然放出光吸収層に該バッファ層を兼ねさせることができる。

## 【0017】

本発明に係る第2の窒化物半導体レーザ装置は、基板上に形成された第1導電型の窒化物半導体からなる第1のクラッド層と、第1のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、活性層の上に形成された第2導電型の窒化物半導体からなる第2のクラッド層と、第2のクラッド層の上に形成された電極とを備え、第2のクラッド層と前記電極との間に、第2導電型の窒化物半導体からなり、活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されている。

## 【0018】

第2の窒化物半導体レーザ装置によると、第2のクラッド層と電極との間に、

第2のクラッド層と同一の導電型の窒化物半導体からなり、活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されているため、自然放出光吸収層が活性層から第2のクラッド層上に設けられた電極側へ放出される自然放出光を吸収する。

## 【0019】

第2の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、前記第2のクラッド層と接するように形成されていることが好ましい。

## 【0020】

第2の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、前記電極と接するように形成されていることが好ましい。このようにすると、通常、第2のクラッド層の上方には電極とオーミック接触するコンタクト層を形成するが、自然放出光吸収層に該コンタクト層を兼ねさせることができる。

## 【0021】

本発明に係る第3の窒化物半導体レーザ装置は、基板上に形成された第1導電型の窒化物半導体からなる第1のクラッド層と、第1のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、活性層の上に形成された第2導電型の窒化物半導体からなる第2のクラッド層とを備え、基板における活性層と反対側の面に、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されている。

## 【0022】

第3の窒化物半導体レーザ装置によると、基板における活性層と反対側の面に、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されているため、自然放出光防止膜が活性層から基板側へ放出される自然放出光の外部への漏出を防止する。

## 【0023】

本発明に係る第4の窒化物半導体レーザ装置は、基板上に形成された第1導電型の窒化物半導体からなる第1のクラッド層と、第1のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、活性層の上に形成された第2導電型の窒化物半導体からなる第2のクラッド層とを有するレーザ素子本体を備え、レーザ素

子本体における活性層のレーザ光出射部を除く出射端面と該出射端面と反対側の反射端面とに、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されている。

## 【0024】

第4の窒化物半導体レーザ装置によると、レーザ素子本体における活性層のレーザ光出射部を除く出射端面と該出射端面と反対側の反射端面とに、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されているため、自然放出光防止膜が活性層から第2のクラッド層の上に設けられた電極側へ放出される自然放出光の外部への漏出を防止する。なお、本明細書においてレーザ素子本体とは、基板上に形成された共振器構造を含む複数の半導体層部分をいう。

## 【0025】

本発明に係る第5の窒化物半導体レーザ装置は、基板上に形成された第1導電型の窒化物半導体からなる第1のクラッド層と、第1のクラッド層の上に形成された窒化物半導体からなる活性層と、活性層の上に形成された第2導電型の窒化物半導体からなる第2のクラッド層とを有するレーザ素子本体を備え、レーザ素子本体におけるレーザ光の出射方向と平行な側面に、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されている。

## 【0026】

第5の窒化物半導体レーザ装置によると、レーザ素子本体におけるレーザ光の出射方向と平行な側面に、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されているため、自然放出光防止膜が活性層からレーザ光の出射方向と垂直な方向へ放出される自然放出光の外部への漏出を防止する。

## 【0027】

第3～第5の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光防止膜が、金を含む金属又はシリコンからなることが好ましい。このようにすると、シリコンのエネルギーギャップは、窒化物半導体から放出される自然放出光のエネルギーよりも小さいため、自然放出光を確実に吸収できる。また、金は材料的に安定であり且つ窒化物半導体から放出される自然放出光を高い反射率で反射する。

【0028】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0029】

図1は本発明の第1の実施形態に係る窒化物半導体レーザ装置の断面構成を示している。図1に示すように、本実施形態に係る窒化物半導体レーザ装置1Aは、その素子形成面が絶縁性を有する炭化シリコン(SiC)又はダイヤモンドからなるサブマウント2の主面と対向するように実装されている。

【0030】

窒化物半導体レーザ装置1Aにおいて、サファイアからなる基板11のサブマウント2側の主面(素子形成面)には、サファイアとGaN系結晶との格子定数の不整合を緩和して結晶欠陥が少ない半導体層を得るためのGaN又はAlNからなるバッファ層12と、Siをドーパントとするn型GaNからなるn型コンタクト層13とが順次形成されている。n型コンタクト層13の下面には、ダブルヘテロ(DH)のpn接合からなるレーザ構造を形成する素子形成領域とn側電極を形成するn側電極形成領域とを有し、該n側電極形成領域には、例えば、Ti/Alの積層体からなるn側電極14が形成されている。

【0031】

n型コンタクト層13の下面における素子形成領域には、後述する活性層から放出される自然放出光を吸収するエネルギーギャップを持つn型 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (但し、 $x$ は $0 < x < 1$ である。)からなる自然放出光吸収層15Aと、活性層において生成される生成光を活性層に閉じ込めると共に電子を活性層に閉じ込めるためのn型AlGaNからなるn型クラッド層16と、閉じ込められた電子及び正孔を再結合させて再結合光を生成する $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ (但し、 $y$ 及び $x$ は $0 < y \leq x < 1$ である。)からなる活性層17と、活性層17において生成される生成光を活性層17に閉じ込めると共に正孔を活性層17に閉じ込めるためのp型AlGaNからなるp型クラッド層18と、後述するp側電極とオーミック接触するp型GaNからなるp型コンタクト層19と、ストライプ状の開口部

を有するシリコン酸化膜からなる絶縁膜 20 とが順次形成されている。

【0032】

活性層 17 の In 混晶比  $y$  を 15% とすると、発振するレーザ光の波長は 410 nm となり、従って、自然放出光吸収層 15A の In 混晶比  $x$  を 15% 以上とすれば、活性層 17 から放出される自然放出光に対しては透明でなくなるので、レーザ発振に寄与しない自然放出光を確実に吸収できる。

【0033】

絶縁膜 20 の下面には該絶縁膜 20 の開口部を充填するように、例えば、Ni/Au 又は Ni/Pt/Au の積層体からなる p 側電極 21 が形成されている。

【0034】

一方、サブマウント 2 の主面上には、窒化物半導体レーザ装置 1A の p 側電極 21 と対向する領域に p 側端子電極 23 が形成され、p 側電極 21 と p 側端子電極 23 とは PbSn 又は AuSn を含む半田材 22 を介して電氣的に接続されており、窒化物半導体レーザ装置 1A の n 側電極 14 と対向する領域に n 側端子電極 25 が形成され、n 側電極 14 と n 側端子電極 25 とは PbSn 又は AuSn を含む半田材 24 を介して電氣的に接続されている。

【0035】

前述したように、窒化物半導体レーザ装置 1A の p 側電極 21 及び n 側電極 14 に対して電流を注入すると、活性層 17 からは、しきい値電流を超える電流が注入されている場合であっても、レーザ発振に寄与しない自然放出光が周囲に放出される。さらに、発振波長が 410 nm 程度の放出光は、サファイアからなる基板 11、AlGaN からなる n 型及び p 型クラッド層 16, 18 並びに GaN からなる n 型及び p 型コンタクト層 13, 19 に対していずれも透明であるため、活性層 17 の周囲にくまなく放出されることになる。

【0036】

しかしながら、本実施形態によると、n 型クラッド層 16 と n 型コンタクト層 14 との間に、活性層 17 よりも In 混晶比が大きい、すなわち、活性層 17 よりもエネルギーギャップが小さい自然放出光吸収層 15A を設けているため、この自然放出光吸収層 15A は活性層 17 からの自然放出光に対して透明でなくな

り、従って、この自然放出光は自然放出光吸収層 15A に吸収されることになる。

【0037】

このように、本実施形態によると、窒化物半導体レーザ装置 1A がサブマウント 2 に実装された状態では、活性層 17 の基板 11 側に放出される自然放出光の漏出を防止できるため、基板 11 側に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。

【0038】

また、自然放出光吸収層 15A は n 型クラッド層 16 と隣接して設けられていることにより、光源である活性層 17 の最も近い位置にあり、自然放出光の吸収効率が高くなる。

【0039】

なお、本実施形態においては、自然放出光吸収層 15A に活性層 17 と比べてエネルギーギャップが小さい InGa<sub>N</sub> を用いたが、これに限らず、Ga<sub>N</sub> 系半導体結晶が成長可能な半導体材料であればよい。

【0040】

以下、前記のように構成された窒化物半導体レーザ装置 1A の製造方法について説明する。

【0041】

ここでは、窒化物半導体の成長法として、高温の反応炉に、III 族源としてトリメチルアルミニウム (TMA)、トリメチルガリウム (TMG) 及びトリメチルインジウム (TMI) 等の有機金属化合物原料を導入すると共に、窒素源にアンモニア (NH<sub>3</sub>) ガスを導入することにより、反応炉内で各原料及び NH<sub>3</sub> を熱分解して基板上に窒化物半導体を成長させる有機金属気相エピタキシ (MOVPE) 法を用いる。

【0042】

まず、基板温度を 600℃ 程度に設定した後、反応炉内に保持された基板 11 の主面上に TMG と NH<sub>3</sub> とを導入しながら、基板 11 の主面に Ga<sub>N</sub> からなるバッファ層 12 を成長させる。このように、Ga<sub>N</sub> 系半導体と格子定数が異なる

サファイア上に成長させる、いわゆる低温バッファ層を導入することにより、クラック等の欠陥が生じにくくできることが知られている。なお、AlNからなるバッファ層12を成長させる場合には、TMGの替わりにTMAを導入する。

## 【0043】

次に、基板温度を1000℃程度に昇温した後、TMGとNH<sub>3</sub>とを導入しながら、バッファ層12の上面にn型不純物としてSiがドーブされたn型GaNからなるn型コンタクト層13を成長させる。

## 【0044】

次に、基板温度を800℃程度に降温した後、III族源にTMIを追加して、n型コンタクト層13の上面にn型In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nからなる自然放出光吸収層15Aを成長させる。

## 【0045】

次に、基板温度を1000℃程度に昇温した後、III族源としてTMG及びTMAを導入して、自然放出光吸収層15Aの上面にn型AlGaNからなるn型クラッド層16を成長させる。

## 【0046】

次に、基板温度を800℃程度に降温した後、III族源としてTMAの導入を止め替わりにTMIを追加して、n型クラッド層16の上面にIn<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>Nからなる活性層17を成長させる。ここで、活性層17として、例えば、膜厚がそれぞれ5nm以下で、InGaNからなる井戸層とAlGaNからなる障壁層とを交互に積層してなる多重量子井戸構造とすることにより、レーザ発振のしきい値電流を小さくすることができる。

## 【0047】

次に、基板温度を1000℃程度に昇温した後、III族源としてTMG及びTMAを基板11上に導入することにより、活性層17の上面に、p型不純物としてMgがドーブされたp型AlGaNからなるp型クラッド層18と、TMAの導入を止めて、p型クラッド層18の上面にp型GaNからなるp型コンタクト層19とを順次成長させる。

## 【0048】

次に、各窒化物半導体層が形成された基板（エピタキシャル基板）を反応炉から取り出し、p型コンタクト層19の上面にシリコン酸化膜等の絶縁膜20を形成する。続いて、絶縁膜20に対して選択的にエッチングを行なってストライプ状の開口部を形成する。

## 【0049】

次に、蒸着法等を用いて、開口部を含む絶縁膜20の全面にわたって、Ni/Au等の積層膜からなるp側電極23を形成する。

## 【0050】

次に、p側電極23の素子形成領域をマスクし、エピタキシャル層に対してエッチングを行なうことにより、n型コンタクト層13を露出してn側電極形成領域を形成する。このn側電極形成領域に、例えば蒸着法を用いてTi/Alの積層膜からなるn側電極14を形成する。

## 【0051】

次に、エピタキシャル基板に対して共振器が得られるように該エピタキシャル基板を劈開する。続いて、共振器端面に所定の端面コートを施し、窒化物半導体レーザ装置1Aにおける基板11の素子形成面側をサブマウント2の主面と対向させ、半田付けを行なって、図1に示す実装状態の窒化物半導体レーザ装置1Aを得る。

## 【0052】

なお、活性層17の基板11側及び基板11と反対側には該活性層17と接するように形成され、活性層17への光閉じ込め率を向上させるn型GaNからなるn型光ガイド層及びp型GaNからなるp型光ガイド層を設けると、しきい値電流をさらに低減できる。

## (第1の実施形態の第1変形例)

以下、本発明の第1の実施形態の第1変形例について図面を参照しながら説明する。

## 【0053】

図2は本実施形態の第1変形例に係る窒化物半導体レーザ装置の断面構成を示している。図2において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号



を付すことにより説明を省略する。図2に示すように、本変形例に係る窒化物半導体レーザ装置1Bは、活性層17と比べてエネルギーギャップが小さいn型InGa<sub>N</sub>からなる自然放出光吸収層15Bが、バッファ層12とn型コンタクト層13との間に形成されていることを特徴とする。

【0054】

このようにすると、自然放出光吸収層15Bは基板11の主面の全面を覆うことができるため、基板11側に放出される自然放出光の漏出を一層防止できる。

【0055】

さらに、自然放出光吸収層15Bを低温で成長させることにより、バッファ層12として用いれば、製造工程の負担とならない。

(第1の実施形態の第2変形例)

以下、本発明の第1の実施形態の第2変形例について図面を参照しながら説明する。

【0056】

図3は本実施形態の第2変形例に係る窒化物半導体レーザ装置の断面構成を示している。図3において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。図3に示すように、本変形例に係る窒化物半導体レーザ装置1Cは、活性層17と比べてエネルギーギャップが小さいp型InGa<sub>N</sub>からなる自然放出光吸収層15Cが、p型クラッド層18とp型コンタクト層19との間に形成されていることを特徴とする。ここでは、自然放出光吸収層15Cをp型とする必要があり、p型ドーパントとしてMgを用いている。

【0057】

このようにすると、自然放出光吸収層15Cは、活性層17からp側電極21側に放出される自然放出光の漏出を防止できる。

(第1の実施形態の第3変形例)

以下、本発明の第1の実施形態の第3変形例について図面を参照しながら説明する。

【0058】

図4は本実施形態の第3変形例に係る窒化物半導体レーザ装置の断面構成を示

している。図4において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。図4に示すように、本変形例に係る窒化物半導体レーザ装置1Dは、活性層17と比べてエネルギーギャップが小さいp型InGa<sub>N</sub>からなる自然放出光吸収層15Dが、p型コンタクト層19とp側電極20との間に形成されていることを特徴とする。

## 【0059】

このようにすると、自然放出光吸収層15Dは、Ga<sub>N</sub>からなるp型コンタクト層19よりもエネルギーギャップが小さいため、p型コンタクト層19と比べてコンタクト抵抗が小さくなるので、しきい値電圧を低減できる。

## 【0060】

以上説明したように、第1の実施形態及びその各変形例においては、レーザ構造を形成するエピタキシャル層中に、自然放出光吸収層15A～15Dのいずれかを設けたが、自然放出光吸収層が活性層17と近すぎると、自然放出光吸収層がレーザ光の一部を吸収してしまい、レーザ発振時の損失が増える。このため、逆に発振しきい値電流が増大するので、レーザ光の光分布を十分に考慮して設計する必要がある。

## (第2の実施形態)

以下、本発明の第2の実施形態について図面を参照しながら説明する。

## 【0061】

図5は本発明の第2の実施形態に係る窒化物半導体レーザ装置の断面構成を示している。図5において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。本実施形態においては、第1の実施形態のように自然放出光吸収層をエピタキシャル層中に設けるのではなく、レーザチップ本体の周囲に自然放出光防止膜を設ける構成とする。

## 【0062】

図5に示すように、本実施形態に係る窒化物半導体レーザ装置1Eは、サファイアからなる基板11の素子形成面と反対側の面(裏面)に、活性層17からの自然放出光を吸収するか又は反射する自然放出光防止膜31Aが形成されている。

## 【0063】

ここで、InGa<sub>N</sub>からなる活性層17から放出される自然放出光を吸収する材料として、自然放出光のエネルギーよりも小さいエネルギーギャップを有するSiを用いる。Si膜は例えばスパッタ法を用いて形成する。なお、Siに限らず、エネルギーギャップが自然放出光のエネルギーよりも小さく且つプロセスになじみやすい材料であればよい。

## 【0064】

また、活性層17から放出される自然放出光を高度に反射する材料として、例えば、Au膜、又はAuと他の金属とを積層した、例えば、Ti/Pt/Auからなる積層膜が好ましい。これらの金属膜又は積層膜は電子ビーム蒸着法等を用いて形成する。また、Au以外のAgやPt等であってもよい。

## 【0065】

さらに、吸収膜と高反射膜とを組み合わせてもよく、例えば、Siからなる吸収膜の上にAuからなる高反射膜を積層すると一層効果的である。

## 【0066】

このように、本実施形態によると、窒化物半導体レーザ装置1Eがサブマウント2に実装された状態では、活性層17の基板11側に放出される自然放出光の漏出を防止できるため、窒化物半導体レーザ装置1Eにおける基板11側の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。

## (第2の実施形態の第1変形例)

以下、本発明の第2の実施形態の第1変形例について図面を参照しながら説明する。

## 【0067】

図6は本実施形態の第2変形例に係る窒化物半導体レーザ装置の外観を示している。図6において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。図6に示すように、本変形例に係る窒化物半導体レーザ装置1Fは、レーザチップにおける活性層のレーザ光出射部を除く出射端面と該出射端面と反対側の反射端面とに、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜31Bが形成されている。

## 【0068】

レーザ光出射部のスポットサイズは $5\mu\text{m}$ 角程度である。また、反射端面から例えばモニター用のレーザ光を取り出さないような場合には反射端面の全面に自然放出光防止膜31Bを形成することが好ましい。このようにすると、発振しきい値をより低減できる。

## 【0069】

吸収膜としては、第2の実施形態と同様にSi膜が好ましい。また、高反射膜としては、前述の金属膜でよいが、ただし、金属等の導電性膜を設ける場合には、各半導体層の電氣的な短絡を防ぐため、あらかじめ $\text{SiO}_2$ 等からなる絶縁膜を下地層として形成しておく必要がある。

## 【0070】

ここで、本変形例に係る自然放出光防止膜31Bは、レーザチップにおけるレーザ光の共振方向と垂直な方向の端面に設けられているため、吸収膜とするよりは、反射膜とするほうが好ましい。このようにすると、自然放出光防止膜31Bで反射される自然放出光がレーザ発振に寄与できるからである。

## 【0071】

また、高反射膜は、例えば、 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ のように誘電体からなる積層膜を用いてもよい。この場合は、自然放出光の波長の $1/4$ に相当する膜厚を有する $\text{SiO}_2$ 膜と $\text{TiO}_2$ 膜とを交互に積層することにより、例えば、6層構造とすると94%までの反射率を得ることができる。

## 【0072】

このように、本変形例によると、活性層17から共振器に対してほぼ平行な方向に放出される自然放出光の漏出を防止できるため、窒化物半導体レーザ装置1Fにおけるレーザ光の出射方向又は該出射方向と反対方向の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。

## (第2の実施形態の第2変形例)

以下、本発明の第2の実施形態の第2変形例について図面を参照しながら説明する。

## 【0073】

図 7 は本実施形態の第 2 変形例に係る窒化物半導体レーザ装置の断面構成を示している。図 7 において、図 1 に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。図 7 に示すように、本変形例に係る窒化物半導体レーザ装置 1 G は、レーザチップにおけるレーザ光の出射方向と平行な側面に、活性層 1 7 から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜 3 1 C が形成されている。

## 【 0 0 7 4 】

ここで、吸収膜としては、第 2 の実施形態と同様に S i 膜が好ましい。また、高反射膜としては、前述の A u 等の金属膜でよいが、ただし、金属等の導電性膜を設ける場合には、各半導体層の電氣的な短絡を防ぐため、あらかじめ S i O<sub>2</sub> 等からなる絶縁膜を下地層として形成しておく必要がある。

## 【 0 0 7 5 】

また、吸収膜と高反射膜とを組み合わせる用いてもよく、例えば、S i からなる吸収膜の上に A u からなる高反射膜を積層してなる積層体を用いてもよい。

## 【 0 0 7 6 】

このように、本変形例によると、活性層 1 7 から共振器に対してほぼ垂直な方向に放出される自然放出光の漏出を防止できるため、共振器と垂直な方向の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる

以上、第 1 の実施形態及びその変形例並びに第 2 の実施形態及びその変形例を説明したが、これらの実施形態及び変形例をそれぞれ組み合わせると、レーザチップから漏出する自然放出光をほぼ完全に抑止できる。

## 【 0 0 7 7 】

なお、製造プロセスが複雑化することをも考慮すると、例えば、図 1 に示す第 1 の実施形態に係る自然放出光吸収層 1 5 A 又は図 2 に示す第 1 の実施形態の第 1 変形例に係る自然放出光吸収層 1 5 B、及び図 5 に示す第 2 の実施形態に係る自然放出光防止膜 3 1 A からなる吸収層及び防止膜を一の半導体レーザ装置に設けることが好ましい。

## 【 0 0 7 8 】

図 8 は本発明に係る自然放出光吸収層 1 5 A 及び自然放出光防止膜 3 1 A を設

けた場合の窒化物半導体レーザ装置と従来の窒化物半導体レーザ装置の各注入電流に対するそれぞれの光出力特性を表わしている。図 8 において、横軸はレーザ装置に注入する電流値（単位 mA）を表わし、縦軸はレーザ光の出力値（単位 mW）を表わし、曲線 3 は本発明に係るレーザ装置を表わし、曲線 4 は従来のレーザ装置を表わしている。図 8 に示すように、曲線 4 に示す従来の半導体レーザ装置においては、発振しきい値に達するまで自然放出光の漏出が見られるのに対し、曲線 3 に示す本発明に係る半導体レーザ装置においては、発振しきい値の近傍における自然放出光の出力がほとんどなく、レーザ光のみが出射していることがわかる。

【 0 0 7 9 】

【発明の効果】

本発明に係る第 1 の窒化物半導体レーザ装置によると、基板と第 1 のクラッド層との間に、第 1 のクラッド層と同一の導電型の窒化物半導体からなり、活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されているため、自然放出光吸収層が活性層から基板側へ放出される自然放出光を吸収する。これにより、活性層の基板側へ放出される自然放出光の漏出を防止できるため、本装置の基板側の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。従って、光ディスク等の読み取り動作時の S N 比が向上するので、光電子集積素子への応用が可能となる。

【 0 0 8 0 】

さらに、自然放出光吸収層がレーザ構造を形成する半導体層中に設けられているため、製造時には一連の半導体層形成工程のなかで形成できるので、わざわざ工程を追加する必要がない。

【 0 0 8 1 】

第 1 の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、第 1 のクラッド層と接するように形成されていると、自然放出光吸収層のインジウム組成を、自然放出光吸収層のエネルギーギャップが活性層から放出される自然放出光のエネルギーよりも小さい組成となるようにできるので、自然放出光を確実に吸収できる。

## 【0082】

第1の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、基板と接するように形成されていると、通常、基板の上面には該基板上に成長する窒化物半導体層の結晶性を高めるためのバッファ層を形成するが、自然放出光吸収層に該バッファ層を兼ねさせることができるため、製造工程上の負担とならない。

## 【0083】

本発明に係る第2の窒化物半導体レーザ装置によると、第2のクラッド層と電極との間に、第2のクラッド層と同一導電型の窒化物半導体からなり、活性層から放出される自然放出光を吸収する自然放出光吸収層が形成されているため、自然放出光吸収層が活性層から第2のクラッド層の上に設けられた電極側へ放出される自然放出光を吸収する。これにより、活性層における基板と反対側へ放出される自然放出光の漏出を防止できるため、基板と反対側の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。

## 【0084】

第2の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、前記第2のクラッド層と接するように形成されていると、自然放出光吸収層のインジウム組成を、自然放出光吸収層のエネルギーギャップが活性層から放出される自然放出光のエネルギーよりも小さい組成となるようにすると、自然放出光を確実に吸収できる。

## 【0085】

第2の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光吸収層がインジウムを含み、前記電極と接するように形成されていると、通常、第2のクラッド層の上方には電極とオーミック接触するコンタクト層を形成するが、自然放出光吸収層に該コンタクト層を兼ねさせることができるため、製造工程上の負担とならない。

## 【0086】

本発明に係る第3の窒化物半導体レーザ装置によると、基板における活性層と反対側の面に、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されているため、自然放出光防止膜が活性層から基板側へ放出され

る自然放出光の外部への漏出を防止するので、本装置の基板側の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。従って、光ディスク等の読み取り動作時のS/N比が向上するので、光電子集積素子への応用が可能となる。

【0087】

さらに、自然放出光防止膜が基板の素子形成面と反対側の面に形成されており、レーザ構造内部に設けられていないため、レーザ装置の光学的且つ電気的特性に影響を与えにくい。

【0088】

本発明に係る第4の窒化物半導体レーザ装置によると、レーザ素子本体における活性層のレーザ光出射部を除く出射端面と該出射端面と反対側の反射端面とに、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されているため、自然放出光防止膜がレーザ光の出射端面及び反射端面から放出される自然放出光の外部への漏出を防止するので、レーザ素子本体におけるレーザ光の出射方向又は出射方向と反対方向の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。

【0089】

さらに、自然放出光防止膜がレーザチップの出射端面と反射端面とに形成されており、レーザ構造内部に設けられていないため、レーザ装置の光学的且つ電気的特性に影響を与えにくい。

【0090】

本発明に係る第5の窒化物半導体レーザ装置によると、レーザ素子本体におけるレーザ光の出射方向と平行な側面に、活性層から放出される自然放出光を吸収又は反射する自然放出光防止膜が形成されているため、自然放出光防止膜が活性層からレーザ光の出射方向と垂直な方向へ放出される自然放出光の外部への漏出を防止するので、レーザ素子本体におけるレーザ光の出射方向とほぼ垂直な方向の周辺部に配置される光素子に対する光学的ノイズを除去できる。

【0091】

さらに、自然放出光防止膜がレーザチップにおけるレーザ光の出射方向に対して平行な側面に形成されており、レーザ構造内部に設けられていないため、レー



ザ装置の光学的且つ電氣的特性に影響を与えにくい。

【 0 0 9 2 】

第 3 ～ 第 5 の窒化物半導体レーザ装置において、自然放出光防止膜が、金を含む金属又はシリコンからなると、シリコンのエネルギーギャップは、窒化物半導体から放出される自然放出光のエネルギーよりも小さいため、自然放出光を確実に吸収できる。また、金は材料的に安定であり且つ窒化物半導体から放出される自然放出光を高い反射率で反射できる。さらに、金及びシリコンは共に半導体プロセスになじみやすい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に係る窒化物半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施形態の第 1 変形例に係る窒化物半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 3】

本発明の第 1 の実施形態の第 2 変形例に係る窒化物半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 4】

本発明の第 1 の実施形態の第 3 変形例に係る窒化物半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 5】

本発明の第 2 の実施形態に係る窒化物半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 6】

本発明の第 2 の実施形態の第 1 変形例に係る窒化物半導体レーザ装置を示す斜視図である。

【図 7】

本発明の第 2 の実施形態の第 2 変形例に係る窒化物半導体レーザ装置を示す構

成断面図である。

【図 8】

本発明に係る窒化物半導体レーザ装置と従来の窒化物半導体レーザ装置の各注入電流に対するそれぞれの光出力特性を表わすグラフである。

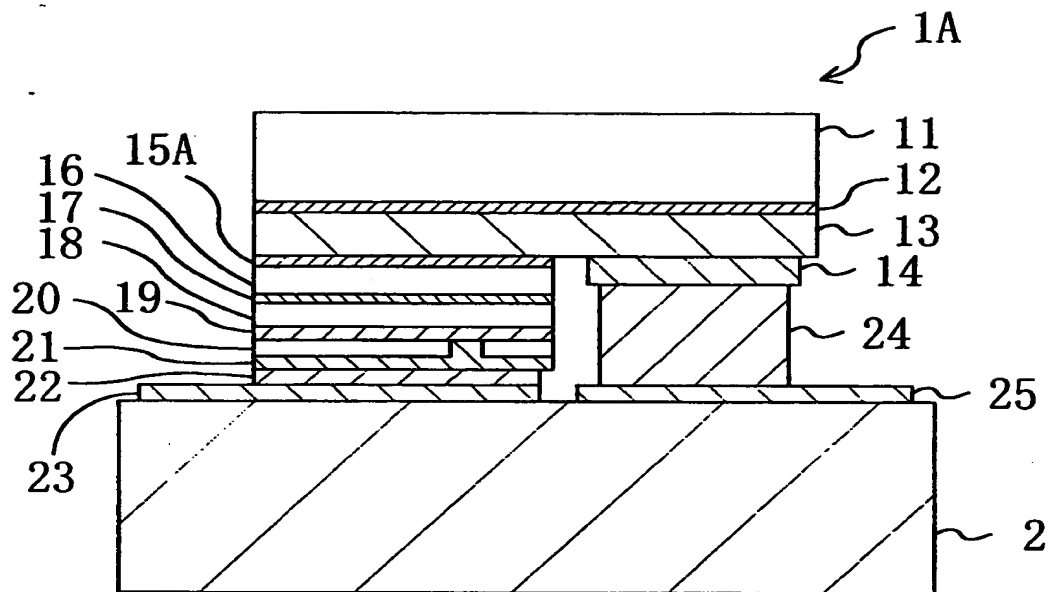
【符号の説明】

- 1 A      窒化物半導体レーザ装置
- 1 B      窒化物半導体レーザ装置
- 1 C      窒化物半導体レーザ装置
- 1 D      窒化物半導体レーザ装置
- 1 E      窒化物半導体レーザ装置
- 1 F      窒化物半導体レーザ装置
- 1 G      窒化物半導体レーザ装置
- 2        サブマウント
- 1 1      基板
- 1 2      バッファ層
- 1 3      n型コンタクト層
- 1 4      n側電極
- 1 5 A    自然放出光吸収層
- 1 5 B    自然放出光吸収層
- 1 5 C    自然放出光吸収層
- 1 5 D    自然放出光吸収層
- 1 6      n型クラッド層（第1のクラッド層）
- 1 7      活性層
- 1 8      p型クラッド層（第2のクラッド層）
- 1 9      p型コンタクト層
- 2 0      絶縁膜
- 2 1      p側電極
- 2 2      半田材
- 2 3      p側端子電極

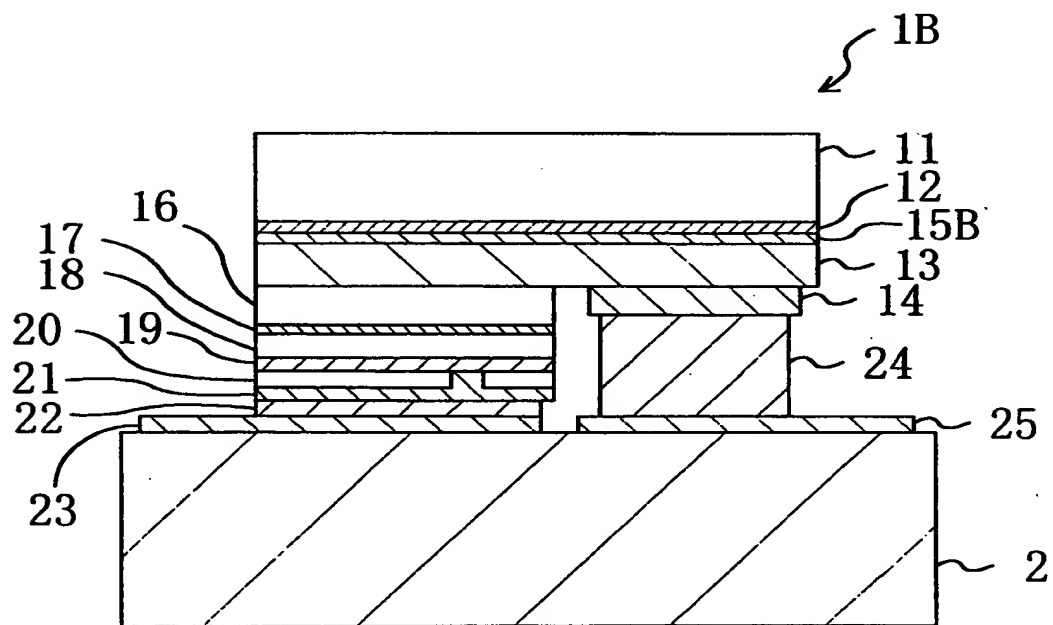
- 2 4    半田材
- 2 5    n 側端子電極
- 3 1 A   自然放出光防止膜
- 3 1 B   自然放出光防止膜
- 3 1 C   自然放出光防止膜

【書類名】 図面

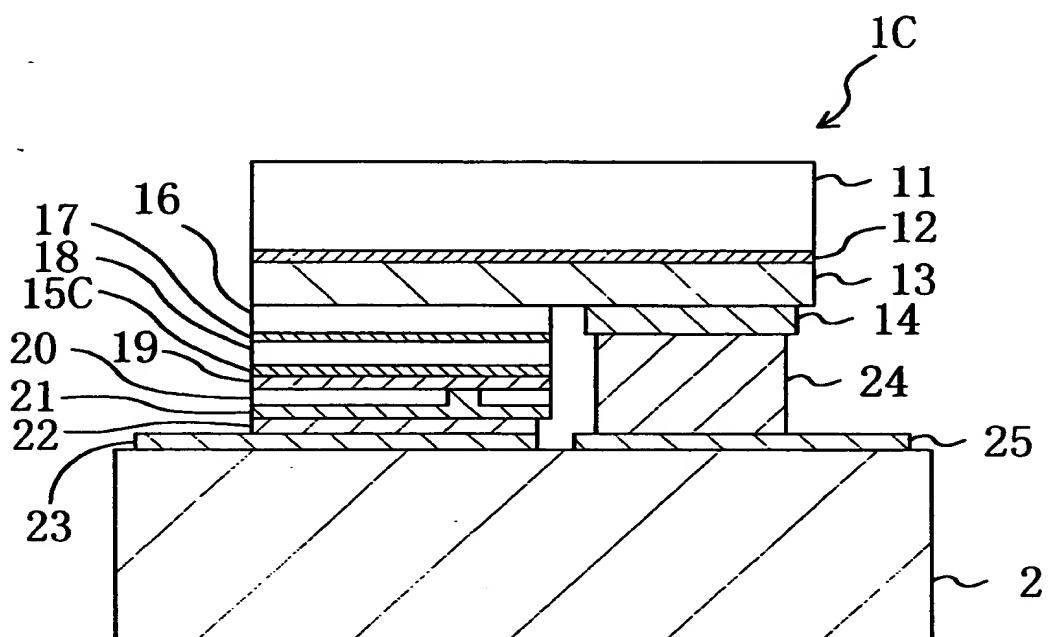
【図 1】



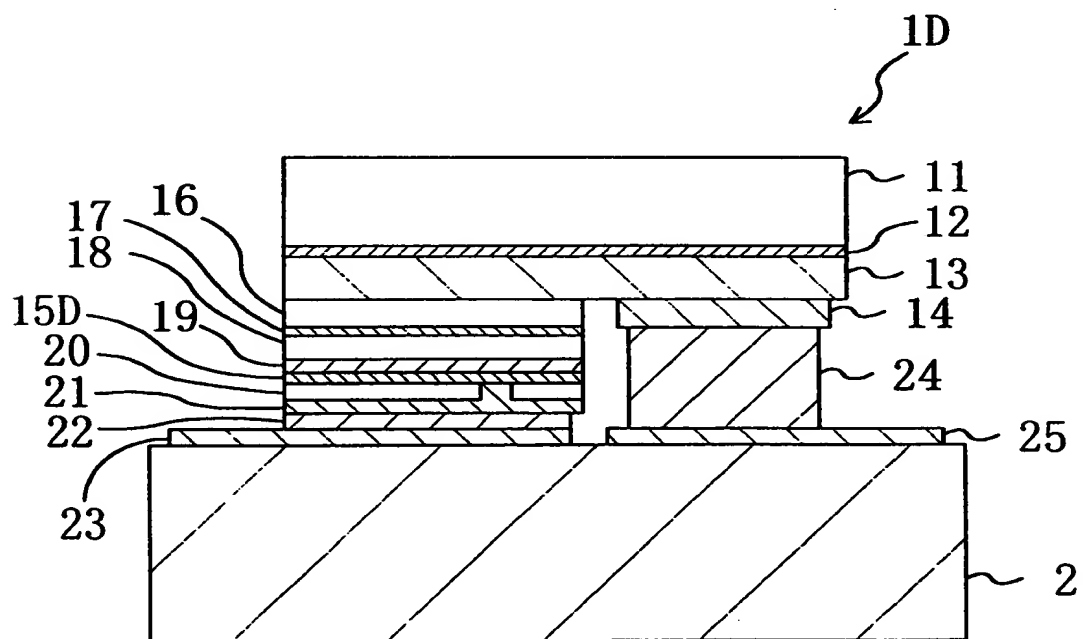
【圖 2】



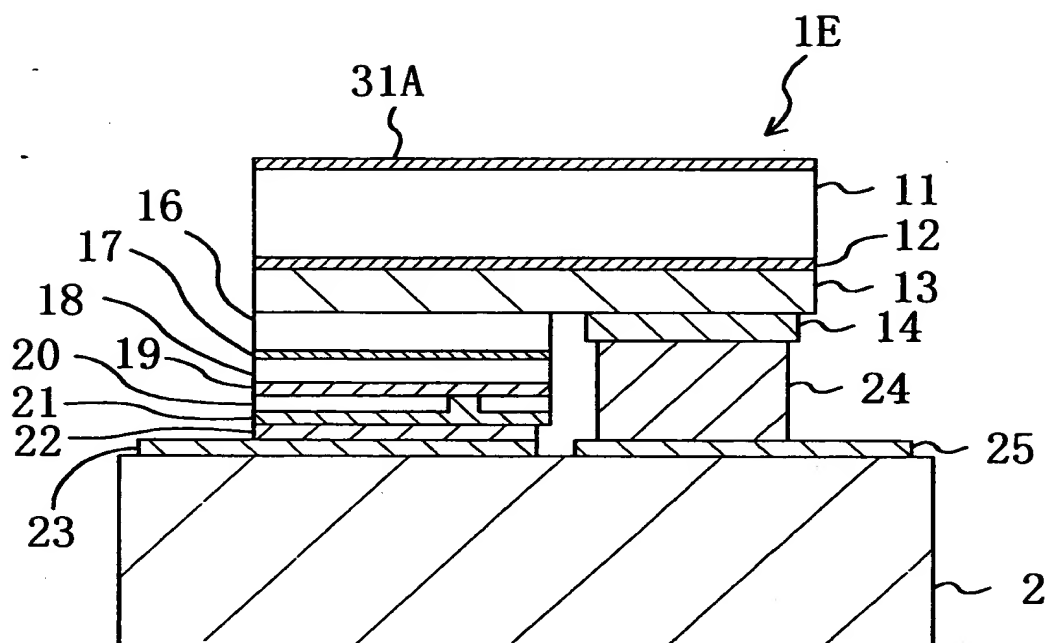
【図 3】



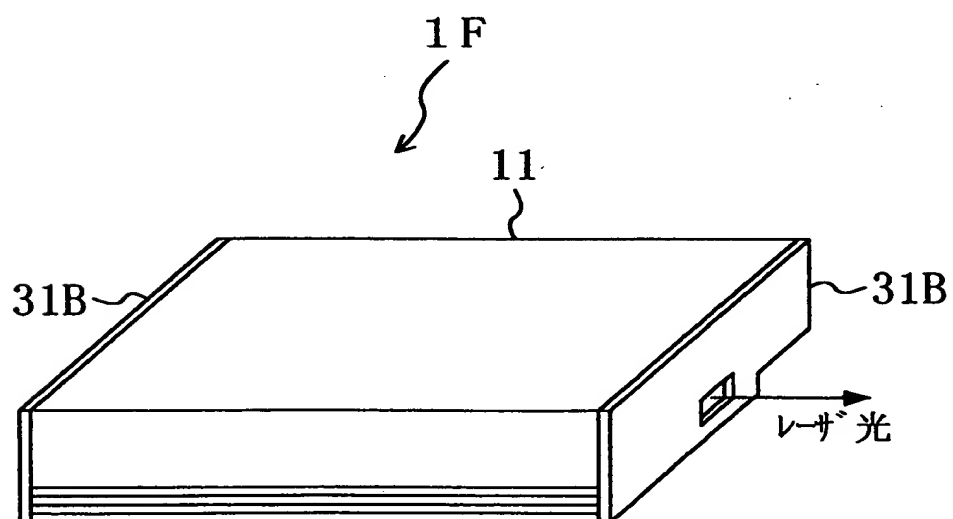
【図 4】



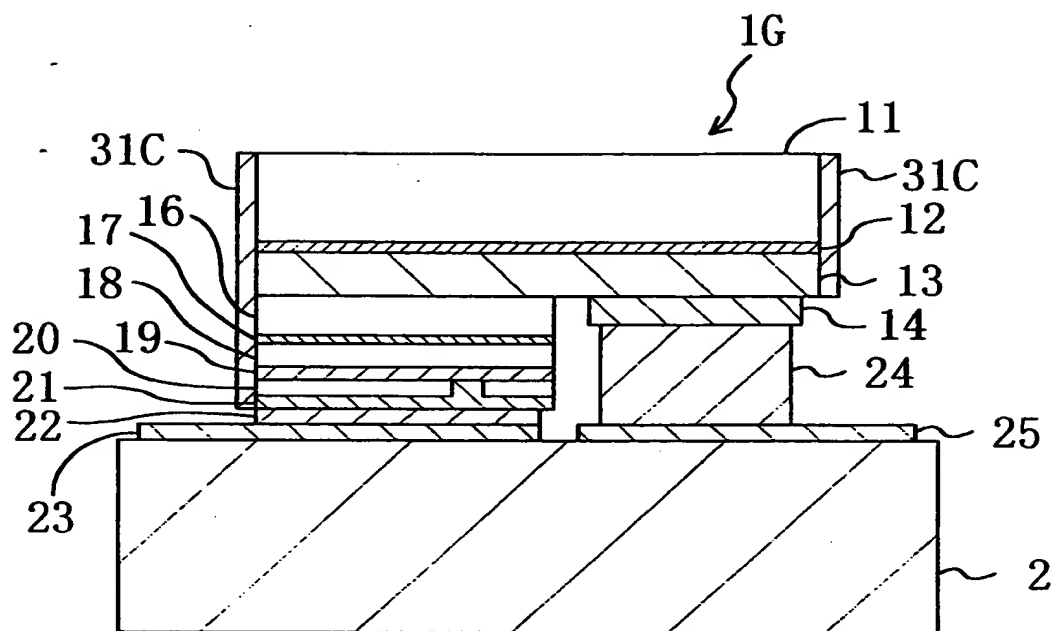
【図 5】



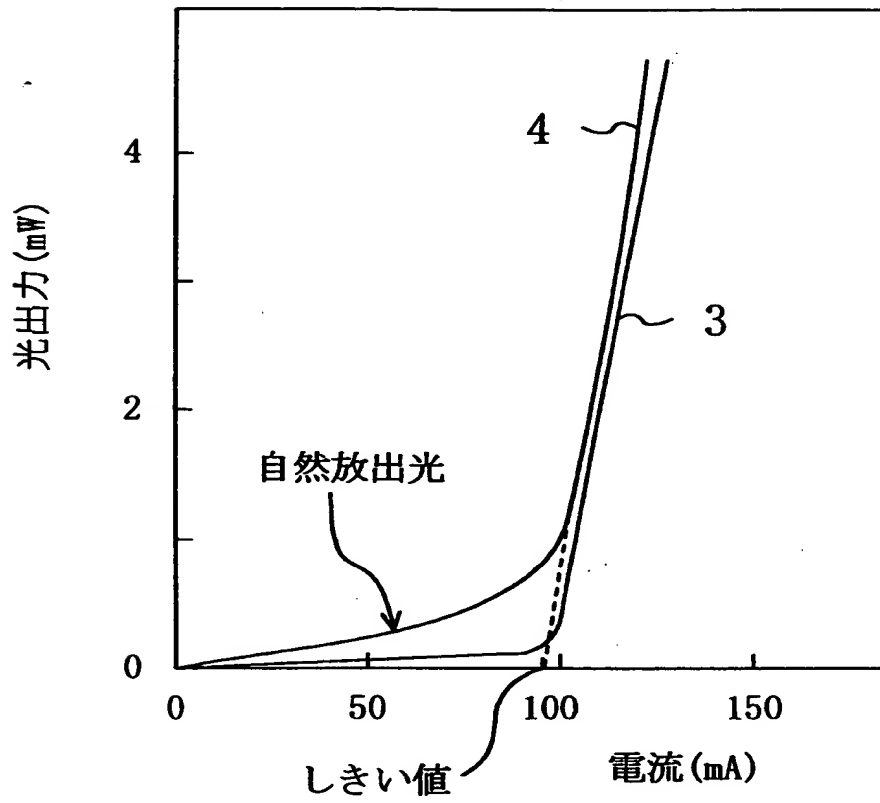
【図 6】



【図 7】



【図 8】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 窒化物半導体レーザ装置が発する雑音、特に光学的雑音を確実に低減できるようにする。

【解決手段】 窒化物半導体レーザ装置 1 A は、素子形成面が絶縁性を有する炭化シリコンからなるサブマウント 2 の上面と対向するように実装されている。n 型コンタクト層 13 の下面における素子形成領域には、活性層から放出される自然放出光を吸収するエネルギーギャップを持つ n 型  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $x$  は  $0 < x < 1$  である。) からなる自然放出光吸収層 15 A と、活性層において生成される生成光を活性層に閉じ込めると共に電子を活性層に閉じ込めるための n 型  $\text{AlGa}\text{N}$  からなる n 型クラッド層 16 と、閉じ込められた電子及び正孔を再結合させて再結合光を生成する  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  (但し、 $y$  及び  $x$  は  $0 < y \leq x < 1$  である。) からなる活性層 17 とが形成されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏 名 松下電器産業株式会社